

AH



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Patentschrift
10 DE 198 41 785 C 2

61 Int. Cl. 7:
G 03 F 7/00
B 29 C 67/00
C 23 C 4/00

21 Aktenzeichen: 198 41 785.3-51
22 Anmeldetag: 12. 9. 1998
43 Offenlegungstag: 13. 4. 2000
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 22. 2. 2001

DE 198 41 785 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

Institut für Mikrotechnik Mainz GmbH, 55129 Mainz,
DE

72 Erfinder:

Lacher, Manfred, 55116 Mainz, DE; Freimuth,
Herbert, Dr., 65347 Eltville, DE; Kraus, Matthias,
56626 Andernach, DE; Volk, Peter, 55252
Mainz-Kastel, DE

66 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

STADTEL, M., et al.: Abformung keramischer
Mikrostrukturen durch die LIGA Technik, In:
Keramische Zeitschrift, 1996, 48 12, S. 1112-1117;
EHRFELD, W., HEHR, H.: Deep x-ray lithography
for the production of three-dimensional
microstructures from metals, polymers and
ceramics
In: Radiat Phys. Chem. 1995, Vol. 45, No. 3,
S. 349-365, insb. 2.4;

64 Verfahren zur Herstellung eines Körpers mit Mikrostrukturen aus thermisch aufgespritztem Material

- 57 Verfahren zur Herstellung eines Körpers mit Mikrostrukturen aus thermisch aufgespritztem Material, das folgende Schritte umfaßt:
1. Aufbringen mindestens einer Schicht (11) eines strahlungsempfindlichen Kunststoffs auf eine Oberfläche eines Substrats (10),
 2. Mikrostrukturieren der Kunststoffschicht (11) mittels eines lithographischen Verfahrens,
 3. Aufbringen mindestens eines Materials (14) auf die die mikrostrukturierte Kunststoffschicht (11) aufweisende Oberfläche des Substrats (10) durch thermisches Spritzen,
 4. Vollständiges oder teilweises Entfernen der mikrostrukturierten Kunststoffschicht (11) und/oder des Substrats (10) oder/und Abtragen zumindest von aufgespritztem Material (14) mindestens bis zur Höhe der Oberkante von Mikrostrukturen (12) der Kunststoffschicht (11).



10

DE 198 41 785 C 2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Körpers mit Mikrostrukturen aus thermisch aufgespritzten Material.

Als Mikrostrukturen werden hier Strukturen bezeichnet, deren kleinste charakteristische Abmessungen kleiner als 1 mm betragen.

Mikrostrukturkörper gewinnen zunehmend an Bedeutung auf vielen Gebieten der Technik. So dienen Mikroreaktoren, die Strukturen zur Führung von Fluiden mit Abmessungen kleiner als 1 mm aufweisen, zur Umsetzung kleinster Stoffmengen unter genau definierten Bedingungen. Auch in der Optik werden Mikrostrukturkörper, beispielsweise in der Glasfaserverbindungstechnik, eingesetzt. Miniaturisierte mechanische Komponenten, wie Getriebe oder Ventile, finden beispielsweise in der Medizintechnik Anwendung.

Aufgrund der hohen Temperaturstabilität, geringen thermischen Ausdehnung und Chemikalienresistenz stellen Keramiken, Metalle und Legierungen interessante Materialien für Mikrostrukturkörper dar.

Neben direkt strukturierenden Verfahren, wie feinwerktechnischen Verfahren, können metallische und keramische Mikrostrukturkörper mittels des sogenannten LIGA-Verfahrens, das die Schritte Lithographie, Galvanik und Abformung umfaßt, hergestellt werden (W. Ehrfeld, H. Lehr: Deep x-ray lithography for the production of three-dimensional microstructures from metals, polymers and ceramics, Radiat. Phys. Chem. Vol. 45, No. 3, Seiten 349-365). Im ersten Schritt erfolgt eine Strukturierung einer Resistschicht mittels eines lithographischen Verfahrens. Im zweiten Schritt wird ein metallischer Mikrostrukturkörper durch galvanisches Auffüllen der im ersten Schritt erhaltenen Mikrostrukturen im Resist erhalten. Hieran schließt sich die Abformung in Kunststoff unter Verwendung des metallischen Mikrostrukturkörpers als Formeinsatz an. Die so in großen Stückzahlen erhältlichen mikrostrukturierten Kunststoffkörper können als verlorene Form zur Herstellung keramischer Mikrostrukturkörper dienen. Hierzu wird ein keramischer Schlicker in die Kunststoffform eingebracht, getrocknet und gesintert.

Darüber hinaus können keramische Mikrostrukturkörper mittels Spritzgießen oder Prägen erhalten werden (M. Stadel, H. Freimuth, V. Hessel, M. Lacher, Keramische Zeitschrift 48 (1996) 112). Beim Spritzgießen finden Bindemittel enthaltende keramische Pulver mit einem Feststoffanteil von 50 bis 70% Verwendung, was im anschließenden Sinterprozeß zu einem Volumenschwund von 30 bis 50% führt. Beim Prägen finden sogenannte Grünfolien, Folien aus keramischem Pulver, organischen Bindemitteln, Plastifizierern und Additiven, Verwendung. Durch das Ausbrennen der Bindemittel bei Temperaturen bis zu 550°C und dem anschließenden Sintern findet ebenfalls ein deutlicher Volumenschwund statt.

Solche Verfahren unter Verwendung von Bindemitteln enthaltenden Metallpulvern lassen sich auch zur Herstellung metallischer Mikrostrukturkörper einsetzen.

Diese Abformverfahren zur Herstellung keramischer oder metallischer Mikrostrukturkörper weisen jedoch wesentliche Nachteile auf:

So müssen hohe Anforderungen an die Pulvermaterialien, die Bindersysteme, die Prozeßführung sowie die Bauteilgeometrie erfüllt werden, um Spannungsrisse im fertigen Bauteil zu vermeiden.

Des weiteren limitiert der Volumenschwund trotz Berücksichtigung bei der Bemessung des Grünteils die Präzision des gesinterten Bauteils. So betragen die Abweichungen von den berechneten Abmessungen in der Regel mindestens

$\pm 0,3\%$.

Der Volumenschwund erlaubt darüber hinaus nicht, keramische oder metallische Mikrostrukturen auf anderen Körpern herzustellen. Zum einen müßten diese Körper den hohen Temperaturen beim Sintern ausgesetzt sein, zum anderen würden die Mikrostrukturen auf dem Körper aufgrund des Volumenschwunds zerstört werden.

Es sind Verfahren zur Herstellung von Druckwalzen mit strukturierten Oberflächen aus thermisch aufgespritzten Material bekannt.

So wird in der EP 486 855 A1 ein Verfahren zur Herstellung einer Rasterwalze für eine Druckmaschine beschrieben. Hierzu wird ein Walzenkern mit einem farbannehmenden Material, beispielsweise Kupfer, Nickel oder einem geeigneten Kunststoff, beschichtet. Dann wird in dieses Material Nuten eingebracht, beispielsweise mittels eines Gravurverfahrens. Anschließend wird eine harte, verschleißfeste Schicht aufgebracht, so daß die Nuten aufgefüllt werden. Als ein geeignetes Verfahren wird Plasmaspritzen, beispielsweise von Keramik, genannt. Die Oberfläche wird anschließend bearbeitet, so daß die harte Schicht oberhalb der farbannehmenden Schicht abgetragen wird. Im letzten Schritt werden in die Stege zwischen den Nuten Vertiefungen eingraviert.

In der US 5,188,030 wird ebenfalls ein Verfahren zur Herstellung von Rasterwalzen beschrieben. Auf einen Walzenkern wird eine oleophile Metallschicht aufgebracht. In diese Schicht werden Vertiefungen eingebracht, die die Metallschicht nicht durchdringen. Diese Vertiefungen werden mit einem hydrophilen Material aufgefüllt. Als geeignetes Verfahren wird Flammgespritzen, beispielsweise von Keramik, genannt. Die aufgebrachte Schicht wird zum Freilegen der Metallschicht bearbeitet, so daß die Metallschicht und das hydrophile Material die gleiche Höhe aufweisen. Nun wird die Metallschicht zwischen den Bereichen aus hydrophilem Material abgetragen.

Beide Verfahren weisen den entscheidenden Nachteil auf, daß vor dem thermischen Spritzen eine vergleichsweise aufwendige direkte Strukturierung der Metallschicht notwendig ist und damit keine kostengünstige Herstellung von Mikrostrukturen aus thermisch aufgespritzten Material in großen Stückzahlen möglich ist. Darüber hinaus kann mit diesem Verfahren nicht ohne weiteres eine Präzision im unteren Mikrometerbereich bzw. Submikrometerbereich erreicht werden. Eine vollständige Entfernung der strukturierten Schicht ist nicht vorgesehen und auch nur schwer realisierbar.

Aufgabe der Erfindung ist daher die Bereitstellung eines Verfahrens zur Herstellung eines Körpers mit Mikrostrukturen aus thermisch aufgespritzten Material, das ohne die Verwendung von Bindersystemen auskommt und damit keinen wesentlichen Volumenschwund aufweist, das eine effiziente Herstellung in großen Stückzahlen erlaubt und eine Präzision im unteren Mikrometerbereich und Submikrometerbereich zuläßt.

Die Aufgabe wird mit einem Verfahren gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Die Unteransprüche betreffen vorteilhafte Ausführungen des Verfahrens.

Bei dem Verfahren wird in einem ersten Schritt mindestens eine Schicht eines strahlungsempfindlichen Kunststoffs auf eine Oberfläche eines Substrats aufgebracht. Im zweiten Schritt wird die Schicht aus strahlungsempfindlichen Kunststoff mittels eines lithographischen Verfahrens mikrostrukturiert. Im dritten Schritt wird auf die Substratoberfläche, die die mikrostrukturierte Kunststoffschicht aufweist, mindestens ein Material durch thermisches Spritzen aufgebracht.

Nach einer ersten Ausführungsvariante wird im letzten

Schritt die mikrostrukturierte Kunststoffschicht und/oder das Substrats vollständig oder nur teilweise vom aufgespritzten Material entfernt, wodurch der Mikrostrukturkörper erhalten wird.

Nach einer zweiten Ausführungsvariante wird der Mikrostrukturkörper dadurch erhalten, daß im letzten Schritt zumindest das aufgespritzte Material mindestens bis zur Höhe der Oberkante von Mikrostrukturen der Kunststoffschicht abgetragen wird.

Eine dritte Ausführungsvariante besteht darin, gemäß der ersten und der zweiten Ausführungsvariante sowohl die Kunststoffschicht und/oder das Substrat vollständig oder teilweise zu entfernen als auch aufgespritztes Material abzutragen.

Thermische Spritzverfahren, wie Flammgespritzen, Plasmaspritzen, Lichtbogenspritzen, Detonationsspritzen und Laserspritzen, sind bekannte Verfahren zum Aufbringen, insbesondere keramischer und/oder metallischer Materialien (E. H. Lutz, Thermisches Spritzen, Kapitel 3.8.2.0, und E. H. Lutz, Plasmakeramik, Kapitel 3.4.9.1, in Technische Keramische Werkstoffe, Herausgeber: Prof. Dr. Kriegesmann, Köln 1998). Solche Verfahren werden zur Oberflächenbeschichtung, beispielsweise als Verschleiß- oder Korrosionsschutz, von metallischen und nichtmetallischen Grundkörpern verwendet. Darüber hinaus werden mittels solcher Verfahren auch vollkeramische Körper, wie Rohre für Brenner- und Reaktoranlagen, hergestellt. So hergestellte Beschichtungen und Körper zeichnen sich u. a. durch eine hohe Thermoschockbeständigkeit, hohe Rißzähigkeit und ein hohes Elastizitätsmodul aus. Die niedrige Härte erlaubt eine gute Bearbeitbarkeit, beispielsweise mittels Wasserstrahl- oder Laserschneiden, Schleifen, Fräsen oder Drehen.

In Abhängigkeit der Höhe der thermischen und kinetischen Energie der aufgespritzten Partikel werden die Oberflächen, auf die das Material aufgespritzt wird, unterschiedlich stark belastet.

Thermische Spritzverfahren können jedoch auch zur Beschichtung von Kunststoffkörpern eingesetzt werden:

R. W. Smith et al. (Proceedings of the 7th National Thermal Spray Conference 20-24 June 1994, Boston, 67-72) beschreiben Verfahren zum Aufbringen von Schutzschichten durch thermisches Spritzen auf faserverstärkte Kunststoffe. Als aufzuspritzende Materialien eignen sich oxidische und nichtoxidische Keramiken, Metalle und Legierungen. Als bevorzugtes Verfahren zumindest für die erste aufzubringende Schicht wird das Draht-Lichtbogenspritzen genannt, das nicht zu einer thermischen Zersetzung der Kunststoffoberfläche führt. Darüber hinaus werden aktive Kühlverfahren, beispielsweise mittels CO₂ oder N₂, zur Erniedrigung der Temperatur der zu beschichtenden Oberflächen beschrieben.

In dem Bericht "Metallisieren von Kunststoffen für die Herstellung eines Reinraumbehälters" zu dem Thema "Thermisch gespritzte Schichten für Kunststoffbehälter" (BMBF Abschlußbericht, Förderkennzeichen 13N6620, 1998) werden Verfahren zum Beschichten von Kunststoffwalzen mittels Plasmaspritzen und aktiver Kühlung durch CO₂ oder Luft beschrieben.

Diese bekannten Verfahren wurden bisher jedoch nur zum Beschichten von Körpern oder zur Herstellung von Körpern mit unstrukturierten Oberflächen verwendet. Ein Einsatz dieser Verfahren zur Herstellung von Mikrostrukturen aus aufgespritztem Material, insbesondere unter Verwendung einer auf einem Substrat aufgetragenen, lithographisch mikrostrukturierten Schicht eines strahlungsempfindlichen Kunststoffs, ist jedoch nicht bekannt.

Es kann vorteilhaft sein, das aufgespritzte Material nach dem Aufbringen abtragend zu bearbeiten. So kann beispiels-

weise durch Fräsen eine plane Oberfläche auf der den Mikrostrukturen gegenüberliegenden Seite erzielt werden. Nach dem Entfernen des Substrats läßt sich ebenfalls die mikrostrukturierte Seite bearbeiten.

Nach der ersten bevorzugten Ausführungsvariante wird das Substrat von dem aufgespritzten Material vollständig entfernt. Bevorzugt wird hierbei auch der Kunststoff aus den Mikrostrukturen aus thermisch aufgespritztem Material entfernt. Damit wird ein Mikrostrukturkörper erhalten, der aus dem aufgespritzten Material besteht und eine zur mikrostrukturierten Kunststoffschicht invers strukturierte Mikrostrukuroberfläche aufweist.

Nach der zweiten bzw. dritten Ausführungsvariante wird das aufgespritzte Material und gegebenenfalls das Material der Kunststoffschicht mindestens bis zur Höhe der Oberkante von Mikrostrukturen der Kunststoffschicht abgetragen. Damit weist der so erhaltene Mikrostrukturkörper eine Oberfläche auf, bei der sich in Zwischenräumen der Mikrostrukturen das aufgespritzte Material befindet.

Besonders bevorzugt wird anschließend das Material der Kunststoffschicht, das sich zwischen den Mikrostrukturen aus aufgespritztem Material befindet, zumindest teilweise entfernt. Damit weist der so erhaltene Körper eine zur Kunststoffschicht invers mikrostrukturierte Oberfläche aus aufgespritztem Material auf, die sich auf dem Substrat befindet. Nach dieser Verfahrensvariante lassen sich Mikrostrukturen aus thermisch aufspritzbaren Materialien auf unterschiedlichen Substraten herstellen.

Nach einer bevorzugten Variante bildet die Oberfläche des Substrats den Grund der Mikrostrukturen in der Kunststoffschicht. Das Substrat kann eine plane oder eine gestufte Oberfläche oder/und eine Oberfläche mit einem sich kontinuierlich änderndem Höhenprofil aufweisen.

Dadurch, daß das Substrat eine mikrostrukturierte Kunststoffschicht aufweist, wird eine leichte Trennbarkeit des Substrats von dem aufgespritzten Material erreicht, in dem zunächst nur das Substrat abgetrennt und anschließend das Material der Kunststoffschicht aus den Mikrostrukturen des aufgespritzten Materials entfernt wird.

Ein anderer Vorteil des Verfahrens ist, daß auf einem Substrat Mikrostrukturen aus thermisch aufspritzbaren Materialien herstellbar sind. Anschließend wird das aufgespritzte Material und gegebenenfalls das Material der Kunststoffschicht mindestens bis zur Höhe der Oberkante von Mikrostrukturen der Kunststoffschicht abgetragen und das Material der Kunststoffschicht aus den Mikrostrukturen aus aufgespritztem Material entfernt.

Die im ersten Schritt auf dem Substrat aufgetragene Schicht weist einen strahlungsempfindlichen Kunststoff, einen sogenannten Resist, auf, der anschließend mittels eines lithographischen Verfahrens mikrostrukturiert wird. Geeignete lithographische Verfahren sind insbesondere photo-, UV- oder röntgenlithographische Verfahren oder lithographische Verfahren mittels Elektronenstrahl oder Laser. Strahlungsempfindliche Kunststoffe sind Kunststoffe, deren Löslichkeit durch Bestrahlung erniedrigt oder erhöht wird, sogenannter Positiv- bzw. Negativ-Resist, wie beispielsweise Photolacke, Polyimid oder vernetztes PMMA.

Aufgrund der lithographischen Mikrostrukturierung unter Verwendung einer strahlungsempfindlichen Kunststoffschicht eignet sich das Verfahren besonders vorteilhaft zur Herstellung von Mikrostrukturkörpern mit kleinsten charakteristischen Abmessungen von kleiner als 300 µm.

Es kann vorteilhaft sein, vor dem thermischen Spritzen auf die mikrostrukturierte Kunststoffschicht mindestens eine dünne Schicht aufzubringen. So kann beispielsweise eine dünne, reflektierende Schicht mittels Aufdampfen aufgebracht werden, die nach Entfernen des Substrats und ggf.

des strahlungsempfindlichen Kunststoffes auf dem Mikrostrukturkörper verbleibt. Hierdurch lassen sich beispielsweise optische Mikrobauteile, wie reflektierende optische Beugungsgitter, erhalten.

Als thermische Spritzverfahren sind insbesondere Flammgespritzverfahren, Plasmaspritzverfahren, Lichtbogenspritzverfahren, Laserspritzverfahren oder Kombinationen dieser Verfahren geeignet.

Es ist vorteilhaft, das thermische Spritzverfahren, zugehörige Verfahrensparameter und aufzuspritzende Materialien derart zu wählen, daß die Oberfläche der mikrostrukturierten Kunststoffschicht nicht oder nur unwesentlich beeinträchtigt wird. Hierzu kann es ausreichend sein, unter diesen Bedingungen zunächst nur die erste oder die ersten Lagen aufzubringen und anschließend, die ersten Lagen als thermische Schutzschicht verwendend, Verfahren, Verfahrensparameter und Materialien derart zu wählen, das beispielsweise ein rasches Aufbringen von Material ermöglicht wird.

Hierbei kann es besonders vorteilhaft sein, beim thermischen Spritzen, zumindest der ersten Lagen, die mikrostrukturierte Oberfläche zu kühlen. Dies kann beispielsweise durch auf die Oberfläche geleitete kalte Gase, wie Luft, N_2 oder CO_2 , erreicht werden.

Durch thermisches Spritzen lassen sich Materialien wie Keramik, Metalle, Legierungen oder auch Kunststoffe aufbringen. Es ist auch möglich, als Material eine Mischung aus mindestens einer Keramik, mindestens einem Metall oder/und mindestens einer Legierung aufzubringen. So sind beispielsweise Mischungen unterschiedlicher Keramiken oder Mischungen aus Keramik und Metall oder Legierung denkbar. Es kann auch vorteilhaft sein, mittels thermischen Spritzens übereinanderliegende Lagen unterschiedlicher Materialien aufzubringen. Als aufzuspritzende Metalle eignen sich beispielsweise Molybdän, Tantal oder Titan; als aufzuspritzende Legierungen Nickel- oder/und Kobalt-Legierungen. Geeignete aufzuspritzende oxidische Keramiken sind beispielsweise Aluminiumoxid, Titandioxid, Zirkondioxid oder Chrom(III)oxid; als aufzuspritzende nichtoxidische Keramiken Carbide, wie Wolframcarbid oder Chromcarbid.

Vorteilhaft wird nach dem thermischen Spritzen oder nach dem Entfernen der Kunststoffschicht, des Substrats bzw. des aufgespritzten Materials das aufgespritzte Material noch einer Endbehandlung unterzogen. So kann beispielsweise durch Tempern, Glühen oder/und Sintern eine Verbesserung der Materialeigenschaften erzielt werden.

Ausführungsbeispiele des Verfahrens werden von schematischen Zeichnungen nachfolgend erläutert. Es zeigen:

Fig. 1a-h Verfahren, bei dem das Substrat vollständig entfernt wird,

Fig. 1g'-h' Verfahren nach Fig. 1a-f, bei dem das aufgespritzte Material abtragend bearbeitet wird und auf dem Substrat verbleibt,

Fig. 1h"-i" Verfahren nach Fig. 1a-f und Fig. 1g', bei dem das Substrat vollständig entfernt wird.

In den Fig. 1a-h wird eine Verfahrensvariante dargestellt, bei der nach vollständigem Entfernen des Substrats 10 und der Kunststoffschicht 11 ein Mikrostrukturkörper 15 erhalten wird. Zuerst wird ein auf einer Seite planes Substrat 10 mit einer Schicht 11 eines strahlungsempfindlichen Kunststoffes versehen (Fig. 1a, 1b). Mittels eines lithographischen Verfahrens wird eine Mikrostrukturierung in die Kunststoffschicht eingebracht. Hierzu wird die Kunststoffschicht unter Verwendung einer die Mikrostruktur aufweisenden Maske 13 mit geeigneter Strahlung, beispielsweise UV-Strahlung, belichtet (Fig. 1c). Anschließend werden in einem Entwicklungsschritt die belichteten Bereiche der Kunststoffschicht herausgelöst, so daß ein Körper erhalten wird, der eine auf

dem Substrat 10 befindliche mikrostrukturierte Kunststoffschicht 11 aufweist, wobei der Grund der Mikrostrukturen von der Oberfläche des Substrats 10 gebildet wird (Fig. 1d). Die Mikrostrukturen sind hier in Form von Nuten im Querschnitt dargestellt und weisen eine Breite von < 1 mm auf.

Anschließend wird auf die so mikrostrukturierte Kunststoffschicht 11 mittels thermischen Spritzens ein Material 14 aufgebracht. In Fig. 1e ist die Richtung des Stoffstroms durch Pfeile angedeutet. Das Material 14 wird derart bis oberhalb der Oberkante der Mikrostrukturen 12 aufgebracht, daß die Mikrostrukturen durch eine ausreichende Hinterfüllung miteinander verbunden sind (Fig. 1f). Um eine ausreichend plane Oberfläche zu erhalten, kann das aufgespritzte Material 14 abtragend bearbeitet werden.

Anschließend wird das Substrat 10 vom aufgespritzten Material 14 abgetrennt (Fig. 1g) und das Material der Kunststoffschicht 11 aus den Mikrostrukturen 16 des aufgespritzten Materials 14 entfernt (Fig. 1h). Der so erhaltene Mikrostrukturkörper 15 weist zu der mikrostrukturierten Kunststoffschicht 11 inverse Mikrostrukturen 16 aus thermisch aufgespritztem Material 14 auf.

Ausgehend von Fig. 1f kann das aufgespritzte Material 14 auch bis zur Höhe der Oberkante der Mikrostrukturen 12 der Kunststoffschicht 11 abgetragen werden (Fig. 1g'). Der so erhaltene Mikrostrukturkörper 15' weist eine plane Oberfläche auf, die Mikrostrukturen der Kunststoffschicht 11 umfaßt, deren Zwischenräume 12 mit aufgespritztem Material 14 aufgefüllt sind.

Bevorzugt wird anschließend das sich zwischen den Mikrostrukturen aus aufgespritztem Material 14 befindliche Material der Kunststoffschicht 11 entfernt. Der Kunststoff kann mittels eines geeigneten Lösungsmittels herausgelöst werden. Ebenfalls geeignet sind selektive Ätzverfahren, die die Mikrostrukturen 16' aus aufgespritztem Material 14 nicht angreifen. Der resultierende Mikrostrukturkörper 15' besteht aus dem Substrat 10, dessen Oberfläche zu der mikrostrukturierten Kunststoffschicht 11 inverse Mikrostrukturen 16' aus aufgespritztem Material 14 aufweist.

Nach einer anderen Verfahrensvariante wird ausgehend von Fig. 1g' zusätzlich das Substrat 10 entfernt, so daß ein Körper erhalten wird, der aus der mikrostrukturierten Schicht 11 besteht, wobei sich in den durch die Mikrostrukturen 12 gebildeten Zwischenräumen das thermisch aufgespritzte Material 14 befindet (Fig. 1h"). Nach Entfernen des Kunststoffes 11 bleibt als Mikrostrukturkörper 15" ein invers zur mikrostrukturierten Kunststoffschicht 11 strukturierter Körper aus thermisch aufgespritztem Material 14 übrig (Fig. 1i"). Da die Mikrostrukturen keine Hinterfüllung aufweisen, sind die Mikrostrukturen, im Gegensatz zu dem Mikrostrukturkörper nach Fig. 1h, zur Ober- und Unterseite hin offen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Körpers mit Mikrostrukturen aus thermisch aufgespritztem Material, das folgende Schritte umfaßt:

1. Aufbringen mindestens einer Schicht (11) eines strahlungsempfindlichen Kunststoffes auf eine Oberfläche eines Substrats (10),
2. Mikrostrukturieren der Kunststoffschicht (11) mittels eines lithographischen Verfahrens,
3. Aufbringen mindestens eines Materials (14) auf die die mikrostrukturierte Kunststoffschicht (11) aufweisende Oberfläche des Substrats (10) durch thermisches Spritzen,
4. Vollständiges oder teilweises Entfernen der mikrostrukturierten Kunststoffschicht (11) und/

oder des Substrats (10) oder/und Abtragen zumindest von aufgespritztem Material (14) mindestens bis zur Höhe der Oberkante von Mikrostrukturen (12) der Kunststoffschicht (11).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem thermischen Spritzen das aufgespritzte Material (14) mindestens bis zur Höhe der Oberkante von Mikrostrukturen (12) der Kunststoffschicht abgetragen wird und anschließend Material der Kunststoffschicht (11), das sich zwischen den Mikrostrukturen (16) aus aufgespritztem Material (14) befindet, zumindest teilweise entfernt wird. 5
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Mikrostrukturieren der Kunststoffschicht (11) mittels eines photo-, UV- oder röntgenlithographischen Verfahrens oder eines lithographischen Verfahrens mittels Elektronenstrahl oder Laser durchgeführt wird. 10
4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mittels des lithographischen Verfahrens in die Kunststoffschicht (11) Mikrostrukturen (12) mit kleinsten charakteristischen Abmessungen von kleiner als 300 µm eingebracht werden. 15
5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß vor dem thermischen Spritzen mindestens eine dünne Schicht, beispielsweise eine dünne, reflektierende, aufgedampfte Schicht, auf die die mikrostrukturierte Kunststoffschicht aufweisende Oberfläche des Substrats aufgebracht wird. 20
6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als thermisches Spritzverfahren ein Flammgespritzverfahren, ein Plasmaspritzverfahren, ein Lichtbogenspritzverfahren, ein Laserspritzverfahren oder eine Kombination dieser Verfahren verwendet wird. 25
7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein thermisches Spritzverfahren und zugehörige Verfahrensparameter zumindest beim thermischen Spritzen der ersten Lage derart gewählt werden, daß die Oberfläche der mikrostrukturierten Kunststoffschicht (11) nicht oder nur unwesentlich beeinträchtigt wird. 30
8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche der mikrostrukturierten Kunststoffschicht (11) zumindest zu Beginn des thermischen Spritzens gekühlt wird. 35
9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mittels des thermischen Spritzverfahrens als Material mindestens eine Keramik, ein Metall, eine Legierung oder ein Kunststoff aufgebracht wird. 40
10. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mittels des thermischen Spritzverfahrens als Material eine Mischung aus mindestens einer Keramik, mindestens einem Metall oder/und mindestens einer Legierung aufgebracht wird. 45
11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß mittels thermischer Spritzverfahren unterschiedliche Materialien in übereinanderliegenden Lagen aufgebracht werden. 50
12. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem thermischen Spritzen oder nach dem Entfernen der Kunststoffschicht, des Substrats bzw. des aufgespritzten Materials das durch thermisches Spritzen aufgebrachte Material 55

getempert, gegläht oder/und gesintert wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -



Fig. 1a



Fig. 1b

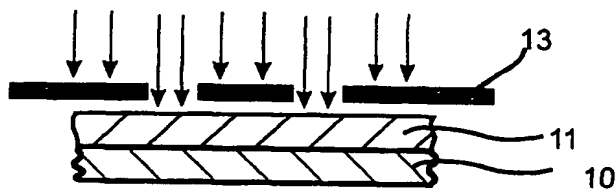


Fig. 1c

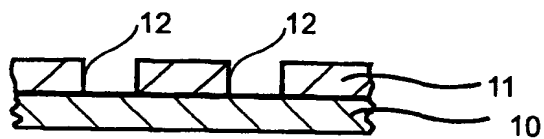


Fig. 1d

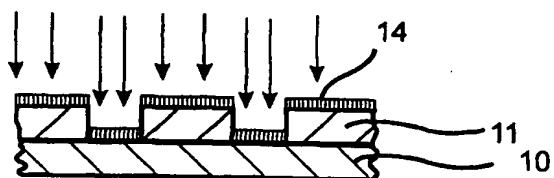


Fig. 1e

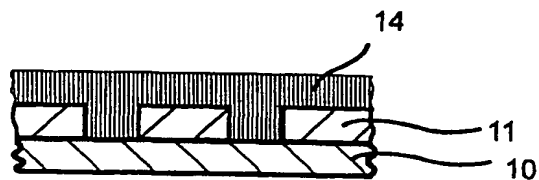


Fig. 1f



Fig. 1g

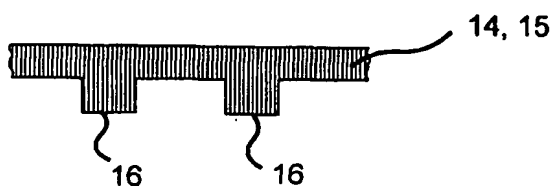


Fig. 1h

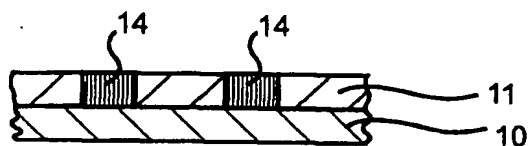


Fig. 1g'

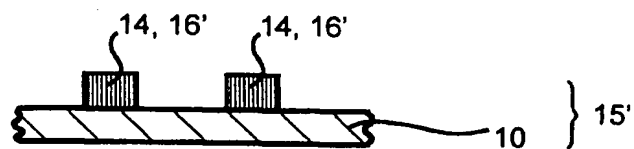


Fig. 1h'

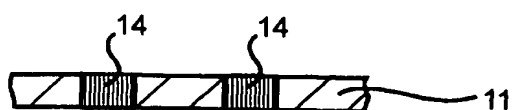


Fig. 1h''

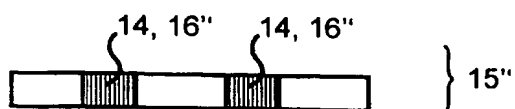


Fig. 1i''